EDUCACIÓN

OLIMPIADA VENEZOLANA JUVENIL DE CIENCIAS 2026

cenamec
Fundación Centro Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de la Ciencia

Olimpiada Venezolana Juvenil de Ciencias

Cambio Climático Global a través del tiempo geológico

Silvia Rivera-Olmos, et al.

2026

Cambio Climático Global a través del tiempo geológico

Silvia Rivera-Olmos[1], Catalina Gómez-Espinosa[2] Clementina Vargas-Izquierdo[1], Anahí Tapia-Zavala[1] y Francisco J. Guadarrama-Cruz[1]
[1]Universidad Simón Bolívar
[2]Universidad Nacional Autónoma de México

Resumen

La clave para entender el cambio climático global es primero entender cómo funciona, para esto se tiene que conocer los diferentes ciclos y flujos de energía que se dan entre la atmósfera, hidrósfera, criosfera, biosfera y geosfera. Así, para entender el clima en la actualidad y poder predecir la dirección de cambio del clima en el futuro es necesario saber cómo ha sido el clima en el pasado y cuáles han sido los factores que han originado dichos cambios.

La Paleoclimatología es la ciencia que se encarga de estudiar el clima y el cambio climático en el pasado. Se revisaron numerosos estudios acerca del cambio climático global en el pasado geológico para contextualizarlos dentro de la dinámica terrestre, igualmente se revisaron las reconstrucciones paleoclimáticas que han sido propuestas para los diferentes periodos geológicos así como las probables causas que influyeron en el clima de estas eras. De esto se obtuvo que los principales cambios en las diferentes eras fueron: en el Precámbrico un efecto invernadero, un calentamiento y posteriormente un enfriamiento total durante la denominada "Snow Ball Earth"; en el Mesozoico al principio hubo un retorno hacia climas cálidos y secos, posteriormente dominó un clima cálido pero húmedo; en el Cenozoico el balance térmico de la Tierra caracterizado por un clima subtropical (cálido y húmedo) se relacionó con la pérdida de calor que culminó con la edad glacial. Durante los últimos 5,000 años los cambios climáticos no se realizan de modo uniforme y constante sino que más bien avanzan con fuertes oscilaciones como periodos más calientes o más fríos pero al final alcanzan un deterioro climático rápido y absoluto.

Palabras clave: *Tierra, atmósfera, factores del clima, cambio climático, tiempo geológico.*

Abstract

The key to understanding global climate change is first to understand how it works, for this it is necessary to be aware of the different cycles and energy flows that occur between the atmosphere, hydrosphere, cryosphere, biosphere and geosphere. Thus, in order to understand the present climate and predict the direction of climate change in the future, we need to know how the weather has been in the past and what the factors that have affected those changes were.

Paleoclimatology is the science that is responsible for studying climate and climate change in the past. We reviewed some studies about global climate change in the geological past to contextualize them within the Earth's dynamics, also were reviewed paleoclimatic

reconstructions that have been proposed for different geological periods and the causes that probably influenced the climate of these ages. Principal climatic changes in the different eras were: in the Precambrian a greenhouse warming and then a total cooling during the so called "Snow Ball Earth", in the Late Mesozoic there was a return to hot, dry climates then dominated a warm but humid climate and in the Cenozoic the thermal balance of the Earth was characterized by a subtropical climate (warm and humid), related with the loss of heat which led to the glacial age. During the past 5,000 years the climate changes are not in a uniform and constant way if not moving forward with strong fluctuations as warmer or colder periods but eventually reach a rapid and absolute climatic deterioration.

Key words: *Earth, atmosphere, climate factors, climatic change, geologic time.*

Introducción

De acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992), se define al "cambio climático" como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

Suele considerarse que el calentamiento atmosférico es un problema "moderno", si bien esta dinámica es complicada, afecta a todo el mundo y se entremezcla con cuestiones difíciles como la pobreza, el desarrollo económico y el crecimiento demográfico; también este concepto está sesgado dentro de un contexto antropogénico, pues el cambio climático es mucho más amplio e incluye las variaciones climáticas que se han dado desde que el planeta Tierra presenta una atmósfera y son atribuidos a diversos factores como cambios en la actividad solar, cambios en la circulación oceánica, tectónica de placas (actividad volcánica o geológica) y cambios en la composición atmosférica (Caballero et.al., 2007).

El clima es una expresión estadística a largo plazo, en tanto que el estado del tiempo es a corto plazo; el clima puede definirse cualitativamente como "el estado del tiempo que se espera (Bradley, 1985), o cuantitativamente "como una expresión estadística de las tendencias y variaciones centrales y la distribución de los parámetros climatológicos". El clima puede variar en diferentes direcciones y a diferentes escalas de tiempo, estas variaciones pueden ser periódicas (y por tanto predecibles), casi periódicas y no periódicas (Hare, 1979).

El sistema del clima global es consecuencia y unión entre la atmósfera, océanos, criosfera, biosfera y geosfera. Sólo considerando el sistema climático en estos términos es posible entender los flujos y ciclos de energía y materia en la atmósfera, y comprender qué es lo que se requiere para investigar las causas y efectos del cambio climático (MMU, 2010).

El clima inicia en el Planeta Tierra con la aparición de la segunda atmósfera en el periodo Precámbrico, que es cuando se dan las condiciones para que existan los factores creadores del clima. Así, para entender el cambio climático deben de conocerse tanto los factores como los elementos que condicionan el clima.

Los factores del clima son un conjunto de circunstancias que determinan los diferentes tipos de climas. Dentro de los principales factores del clima se encuentra la altitud, latitud, las corrientes marinas y la disposición de tierras y mares, estos factores modifican a los elementos del clima.

Los elementos del clima son producto de las relaciones entre diferentes fenómenos físicos, químicos y biológicos, dentro de los principales elementos del clima se encuentran la temperatura, la precipitación y por tanto la humedad y nubosidad, el viento, la presión atmosférica y la evaporación.

La Paleoclimatología es la ciencia que se encarga de estudiar el clima en el pasado y debido a que no es posible volver en el tiempo para saber cómo era el clima, se deben utilizar impresiones creadas por los factores climáticos en épocas remotas. A estas herramientas que se utilizan para inferir el paleoclima se les llama proxies. Los proxies más utilizados son las diatomeas, foraminíferos, corales, núcleos de

hielo, anillos de árboles y núcleos de algunas rocas sedimentarias (Bruckner, 2008).

El clima en la tierra se ha caracterizado por el cambio, las épocas de glaciación se han seguido por intervalos cálidos (Frakes, 1979) y ambos intervalos varían a diferentes escalas de tiempo desde lapsos tectónicos, escalas de millones de años, a lapsos orbitales, escalas de miles de años, a lapsos suborbitales, en escalas de cientos y decenas de años (Ruddiman, 2008).

Las predicciones del cambio climático se basan en el conocimiento que actualmente se tienen de los cambios de clima a largo plazo para utilizarlos en modelos de simulación climática, considerando que este no es lineal y que hay una retroalimentación dejando el punto de vista tradicional y simplista de causa y efecto.

Objetivo

Considerando que para entender los procesos de cambios y de efectos que habrá en el ambiente futuro de la biosfera es necesario desarrollar una perspectiva histórica basada en los cambios ambientales globales preservados en el registro geológico del planeta Tierra, el objetivo de este trabajo es *resaltar la existencia del cambio climático en el tiempo geológico para comprender en un contexto más amplio la dirección del cambio de clima en el futuro*, puesto que la historia se repite a sí misma, entonces si se quiere predecir el futuro se debe conocer el pasado y esto aplica a la Historia de la Tierra y al sistema climático.

Método

Se llevó a cabo una extensa revisión bibliográfica en revistas especializadas nacionales e internacionales y tesis para recopilar información sobre:

- Factores internos y externos causantes del cambio climático.
- Cambio climático durante el Precámbrico.
- Cambio climático durante el Paleozoico.
- Cambio climático durante el Mesozoico.
- Cambio climático durante el Cenozoico.
- Máximo térmico del Holoceno Medio.

Resultados

Factores externos e internos causantes del cambio climático

Cualquier cambio en el sistema climático originará un cambio en el clima, estos cambios pueden ser producidos por dos factores que pueden ser externos o internos. Los factores externos son aquellos que actúan fuera del sistema climático, mientras que los factores internos involucran al clima en sí mismo (Buchdahl, 1999).

Dentro de los factores externos causantes del cambio climático se considera a las variaciones galácticas y orbitales, la oblicuidad, excentricidad y precesión de la Tierra, los Ciclos de Milankovitch y la variación solar.

La órbita del sistema solar con respecto al centro de la Galaxia se ha considerado como un probable mecanismo externo que cambia el clima (Huggett, 1991); un año galáctico se estima que dura 303 millones de años, las variaciones en el medio interestelar pueden influenciar la incidencia de radiación solar en la superficie de la Tierra (Williams, 1975), sin embargo debido a la escala de tiempo asociada a estas variaciones y en general al cambio climático global sólo pueden ser hipótesis y no es posible comprobarlas.

Los cambios en la órbita terrestre alrededor del Sol se dan en escalas de tiempo de miles a millones de años, estos cambios se deben principalmente a la excentricidad de la Tierra; la oblicuidad o inclinación del eje terrestre, y a la precesión de los equinoccios. La oblicuidad de la Tierra tiene que ver con el eje de rotación de ésta, que cada 41 mil años tiene una inclinación que fluctúa entre 22 y 24.5° e influencia la distribución latitudinal de la radiación solar principalmente en el ecuador (Buchdahl, 1999).

Debido a que la órbita de la Tierra alrededor del sol no es perfectamente circular sino elíptica,

esto involucra una excentricidad del planeta con una periodicidad de 96 mil y 413 mil años (Berger, 1976); este fenómeno también influencia la incidencia de los rayos solares en la atmósfera terrestre con una variación de cerca de un 30% de diferencia entre los periodos de perihelio y afelio (Goodess et.al., 1992).

El tercer tipo de variación orbital es la precesión, que debido a la acción de la fuerza de gravedad que ejercen otros cuerpos del sistema solar, principalmente la luna y Júpiter, ocasiona el movimiento del perihelio en el espacio acentuando la intensidad de las estaciones; estos periodos varían entre 19 mil y 23 mil años (Crowley y North, 1991).

La oblicuidad, excentricidad y precesión fueron propuestas por Milankovitch en 1941 como las probables causas de cambios climáticos, críticos para las etapas glaciares e interglaciares, con una periodicidad de 100 mil, 43 mil, 24 mil y 19 mil años, lo cual corresponde al modelo teórico de los Ciclos de Milankovitch (Imbrie e Imbrie, 1979).

Por otra parte, se ha comprobado que la radiación solar que recibe la Tierra varía a lo largo de los años, debido a fluctuaciones en la actividad solar y por los cambios orbitales; cuando esto ocurre el clima cambia por causas astronómicas. El ciclo mejor conocido es el de las manchas solares que ocurren cada 11 años.

Dentro de los factores internos se considera a la orogenia, la epeirogenia, la actividad volcánica, la circulación oceánica y los cambios en la composición atmosférica. La orogenia son los procesos tectónicos que originan la formación de montañas y que operan por decenas o cientos de millones de años. La presencia de cadenas montañosas cambia el clima pues su presencia puede influenciar los patrones de circulación atmosférica (Ruddiman y Kutzbach, 1991).

La epeirogenia es el cambio en la posición global de las masas terrestres debido a movimientos tectónicos, aunque los continentes se mueven varios centímetros por año, el cambio solo puede apreciarse en escala de tiempo de cientos de miles de años. Las fluctuaciones entre el efecto invernadero y las épocas glaciares han sido relacionadas con la latitud que ocupan los continentes debido al efecto albedo (Beaty, 1978), pero la posición de los continentes también afecta la circulación oceánica y la cambia (Crowley y North, 1991).

Respecto a la actividad volcánica, las erupciones emiten gran cantidad de polvo y dióxido de azufre, en forma gaseosa a la atmósfera superior, la estratosfera, donde son transformados en aerosoles de ácido sulfúrico, que se mantienen durante varios años, y gradualmente se esparcen por todo la Tierra, esto afecta el balance de energía en la atmósfera ocasionando un enfriamiento (Kelly y Sear, 1984). La contaminación volcánica afecta a la iluminación solar directa (puede llegar a un 5 ó 10%) y generan bajas considerables de temperatura (Officer y Drake, 1983).

Los océanos, por su parte, almacenan una gran cantidad de energía calorífica y por tanto ejercen una influencia determinante en el control del clima; por tanto, los cambios en la circulación oceánica sirven como mecanismos retroalimentadores que resultan de la epeirogenia y de las fuerzas orbitales (Buchdahl, 1999).

Finalmente los cambios en la composición atmosférica incluyen a los gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono y metano, que son factores muy importantes en la regulación del clima. Durante las transiciones glaciales - interglaciales ocurrieron cambios naturales en el contenido de dióxido de carbono atmosférico, como respuesta a mecanismos de fuerzas orbitales.

Cambio climático durante el Precámbrico (3800-543 m. a.)

Después del enfriamiento del planeta Tierra surge la primera atmósfera, la cual estaba formada por hidrógeno, helio, neón, argón y otros gases ligeros inertes, ninguno de los cuales es abundante en la atmósfera actual. La reconstrucción del paleoclima más antiguo inferido data de hace aproximadamente 3800 millones de años; aunque se carece de evidencia de rocas sedimentarias sin alteración, se ha propuesto de acuerdo a diferentes investigaciones que el clima era probablemente más cálido que en la actualidad, esto debido a la existencia de un efecto invernadero, aunque también debió haber periodos de enfriamiento debido al decremento de la concentración de dióxido de carbono.

Entre los 3800 y 2400 m. a. ocurrió un enfriamiento gradual debido a cambios en la composición atmosférica lo que llevó a una glaciación durante el Precámbrico medio. Entre los 2300 y 950 m. a. el

clima fue cálido, la evidencia de este tipo de clima se basa en la presencia de rocas carbonatadas de esa época y en análisis isotópicos de oxígeno e hidrógeno conservados en pedernal. Posteriormente entre los 1000 a los 540 m. a. existió un nuevo periodo glaciar (Ridgwell et.al., 2003); este episodio es particularmente importante debido a lo que parece ser una asociación estratigráfica muy cercana con la aparición de los metazoarios y la posibilidad de que este clima glacial sirviera como un tipo de filtro para la evolución animal. Este es el registro de clima más frío que se ha tenido en el planeta e implica que el sistema climático del Precámbrico debió funcionar de una manera diferente a como lo hace en la actualidad (Crowell, 1999).

Cambio climático durante el Paleozoico (543-354 m. a.)

Aunque durante el Paleozoico existieron seis periodos glaciares, de manera general puede decirse que el clima era relativamente más cálido en comparación con el Precámbrico. Durante el Cámbrico los continentes empezaron a juntarse cerca del ecuador lo cual originó un aumento en la temperatura, y existe evidencia de que la concentración de CO2 era mucho más alta que durante el resto del Paleozoico (Bond et.al., 1984). Wilkinson y Given (1986) calcularon que la concentración atmosférica de CO2 debió ser al menos 10 veces mayor que la que existe actualmente.

Durante el Ordovícico el clima fue cálido al menos en los trópicos, pero las temperaturas descendieron considerablemente al final del periodo y probablemente esta baja de temperatura ocasionó la extinción del Ordovícico (Frakes, 1979).

En el Silúrico inferior la temperatura aumentó, y a esto le siguió un ligero enfriamiento del planeta que se continuó hasta el Devónico medio, y un ambiente cálido y seco fue lo que caracterizó el intervalo entre el Silúrico superior y el Devónico inferior (Caputo y Crowell, 1985).

El resto del Devónico se caracterizó por ser muy cálido, lo cual se ha inferido a partir de la presencia de extensos arrecifes semejantes a los arrecifes tropicales actuales, además de los extensos depósitos de evaporitas que datan de este periodo.

El Carbonífero inferior continuó con un clima cálido, aunque hubo un aumento de humedad y para el Carbonífero Superior el Planeta empezó a enfriarse lo que ocasionó una glaciación (Crowley et.al., 1987).

Durante el Pérmico hubo una variedad de climas, lo cual se ve reflejado en las rocas depositadas durante ese periodo. Al parecer Asia tuvo un clima relativamente húmedo durante la mayor parte del Pérmico, pero también hay evidencia de glaciaciones en Gondwana; estos cambios en el clima dieron origen a transgresiones y regresiones marinas, con las transgresiones marinas hubo un aumento en la humedad en latitudes altas (Crowley et.al., 1987).

Para mediados del Pérmico el clima se hizo más cálido, los glaciares retrocedieron y en la parte central de los continentes prevalecieron las condiciones secas y áridas; estas condiciones climáticas se mantuvieron durante todo el Pérmico, alternando con temperaturas cálidas y frías (Crowley et.al., 1987).

Un calentamiento global muy rápido debió darse a finales del Pérmico creando un efecto invernadero muy severo, lo cual se propone fue una de las causas de la gran extinción Permo-Triásica.

Cambio climático durante el Mesozoico (248-65 m.a.)

Durante el Mesozoico la evidencia geológica indica la prevalencia de climas cálidos y secos.

A principios del Triásico el clima era muy similar al que se presentó durante el Pérmico, es decir frio y húmedo y posteriormente seguido por periodos cálidos y secos.

Durante el Triásico medio al parecer existió el clima más árido y seco que se ha presentado a lo largo de la historia de la Tierra, esto por la formación de un *supercontinente* y su posición en latitudes altas, lo que dejo evidencia de grandes depósitos de evaporitas. No hay evidencia en este periodo de hielo lo cual indica que las condiciones de temperatura cálida prevalecían aún en la zona de los polos (Parrish et.al., 1982).

Durante el Jurásico tampoco existe evidencia de depósitos de tipo glacial. A principios y mediados

de este periodo existió un Megamonzón. En la parte central Pangea era extremadamente cálida y árida, y había una gran cantidad de zonas desérticas, rodeadas por zonas húmedas donde llegaban los vientos húmedos (Lloyd, 1982).

A finales del Jurásico, debido a que Pangea empezó a fragmentarse, el clima empezó a cambiar, haciéndose menos árido y con la presencia de hielo escarchado en las zonas polares. Se ha calculado a través de análisis de isótopos de oxígeno que la temperatura era de al menos 7°C más alta que en la actualidad.

Para el Cretácico las condiciones cálidas continuaron, las pruebas con isótopos de oxígeno y tipo de rocas sedimentarias indican temperaturas más altas que en la actualidad, y que no existía hielo en los polos (Barron, 1983).

Cambio climático durante el Cenozoico (65 m.a. 10 mil a.)

A principios de la Era Cenozoica durante el Paleoceno, Eoceno y Oligoceno el clima al parecer experimentó cambios que tendieron al enfriamiento del planeta, los cuales fueron más intensos y frecuentes que en el Mesozoico. Entre los 65 y 22.5 m. a. los episodios de climas ligeramente cálidos fueron seguidos por abruptas caídas en la temperatura que originaban climas más fríos.

Sin embargo, hay divergencia en opiniones y se sugiere que durante el Paleoceno y Eoceno el clima fue más cálido que en la actualidad debido a la presencia de palmeras en la parte de Groenlandia, y que las capas de hielo sólo se encontraban en la parte del Polo Sur, mientras que en la India existían bosques tropicales (Keigwin, 1980).

Durante el Oligoceno los polos se encontraban cubiertos de hielo, mientras que la parte de Eurasia y Norteamérica presentaba climas templados (Haq et.al., 1987).

El clima del Mioceno, era semejante al que se presenta en la actualidad, sólo un poco más cálido, a partir de este periodo empezó una gradual reducción de la temperatura que se continuó hasta el Plioceno. Como resultado de este enfriamiento paulatino la Antártida tenía un 50% más de hielo que en la actualidad.

El Pleistoceno fue un clima que se caracterizó por cuatro ciclos glaciares e interglaciares; se estima que durante la mayor glaciación, el 30% del planeta se encontraba cubierto por hielo, debido a lo cual disminuyeron las lluvias por haber una menor cantidad de evaporación oceánica (Shackleton, 1988).

Máximo térmico del Holoceno Medio (7, 000 - 5000 a.)

En general el Holoceno fue un periodo cálido entre los eventos de las eras de hielo. Durante este intervalo de tiempo las latitudes templadas experimentaron periodos secos seguidos por periodos húmedos y más fríos. Estos cambios fueron abruptos, además de que también hubo cambios atmosféricos y en los patrones de circulación oceánica.

Al aumentar la temperatura la circulación termohalina varió en la parte del norte del Atlántico (Bond, 1997). Los datos que se tienen sobre las tormentas de este periodo se pueden relacionar a los cambios con el fenómeno del "Niño" debido a su periódica oscilación hacia el sur (Steig, 1999). El aumento de temperatura del Holoceno medio se vio acompañado por un aumento de los gases de efecto invernadero principalmente el CO2 de origen terrestre más que oceánico. Los humanos influenciaron el ambiente en este periodo y la mayor parte de los climatólogos están de acuerdo en que el Máximo Térmico del Holoceno se debió en gran parte a la actividad humana y que este incremento de temperatura sigue teniendo efectos en la actualidad. La destrucción de hábitat y la contaminación fueron las principales causas. En la actualidad nos encontramos en un periodo interglaciar con temperaturas relativamente cálidas (Steig, 1999).

Para llevar a cabo una comparativa en la evolución del clima en cada uno de los periodos descritos, comparar las descripciones de la tabla 1.

Tabla 1

Millones por año	Periodo	Época	Principales eventos físicos y biológicos en el tiempo geo.
Era Cenozoica	Cuaternario	Pleistoceno	Clima fluctuante entre frío y templado. Retroceso de las Glaciaciones y levantamiento de la Sierra Nevada, dispersión del Homo sapiens y extinción de mamíferos grandes.
1 1/2 - 7	Terciario	Plioceno	Clima frío, levantamiento de Zonas montañosas, grandes Carnívoros, y aparición de los primeros Homínidos (Primates Humanoides)
7 - 26		Mioceno	Moderado, levantamiento de montañas rocosas, ballenas, monos, antropomorfos y mamíferos herbívoros. Expansión de las pasturas y retracción de los bosques.
26 - 38		Oligoceno	Tierras bajas y levantamiento de los Alpes. Grandes animales ramoneadores, aparecen los monos antropomorfos.
38 - 53		Eoceno	Clima templado, muchos lagos en el Norte de América, caballos primitivos y aves.
53 - 65		Paleoceno	Clima templado a frío, desaparición de mares continentales, Primeros Primates y carnívoros conocidos.
Era Mesozoica 65 - 136	Cretácico		Tierras bajas y extensas. Extinción masiva de los Dinosaurios, aparición de los marsupiales insectívoros y angiospermas.
136 - 195	Jurácico		Clima templado. Continentes bajos. Apogeo de los Dinosaurios, Reptiles Voladores, pequeños mamíferos, aparecen las Aves, Gimnospermas (Helchos).
195 - 225	Triásico		Continentes montañosos, Regiones áridas, erupciones volcánicas en los Continentes, Primeros Dinosaurios, aparecen los mamíferos, bosques de Helechos y Gimnospermas.
Era Paleozoica 225 - 280	Pérmico		Glaciaciones en el Sur de América con climas fríos. Evolucionan los reptiles; origen de las Coníferas y posiblemente Angiospermas. Desaparición de los primeros tipos de bosques.
280 - 345	Carbonífero		Clima cálido, tierras bajas cubiertas por mares superficiales o pantanos carboníferos. Edad de los anfibios apareciendo los primeros reptiles, abundancia de insectos de elasmobranquios, bosques de helechos (gimnospermas).
345 395	Devónico		El mar cubre la mayor parte de los continentes. Edad de los peces, aparición de los anfibios, abunda los moluscos y peces pulmonares. Extensión de plantas vasculares primitivas.
395 - 440	Silúrico		Clima templado, continentes planos inundados, primeras plantas vasculares, invasión del medio terrestre por artrópodos. Progreso de peces y arrecifes. Abundan los invertebrados marinos. Modernos mantos de algas y hongos.
440 - 500	Ordovícico		Clima templado, mares someros y continentes bajos. Primeros peces primitivos predominan los invertebrados. Invasión terrestre de las plantas. Aparición de agnathos.
500 - 600	Cámbrico		Clima templado; frío y húmedo. Mares extensos que rebasan los continentes. Edad de los invertebrados marinos y algas.
Edad Precámbrica Más de 600			Clima seco frío a cálido. Enfriamiento del planeta formando la corteza. Zonas montañosas, mares someros y acumulación de O_2 libre. Primeros fósiles conocidos de invertebrados de cuerpo blando. Abundancia de bacterias y protozoarios. Formación del sistema solar, aparición de la tierra y el proceso de evolución orgánica.

Conclusión

La atmósfera ha sufrido cambios a lo largo de la historia de la tierra, el más notable debido a la generación de oxigeno por el proceso de fotosíntesis. El clima no es un elemento aislado y el cambio en el mismo: afecta mares, océanos, continentes y a la biota. Por tanto el cambio climático que actualmente existe no es un suceso único que inició en el siglo XX sino que es una situación cíclica a lo largo de la historia de la Tierra.

Con respecto al calentamiento global, aunque la temperatura de la Tierra está aumentando, esta también es una tendencia cíclica, relacionada al cambio en la órbita terrestre y a la posición de continentes y océanos. Asimismo el efecto invernadero ha ocurrido en ocasiones anteriores a la aparición del ser humano y por tanto al uso de combustibles fósiles.

Finalmente podemos enfatizar que el conocer los paleoclimas que han prevalecido en el pasado es de suma utilidad para la formulación de hipótesis sobre los eventos que posiblemente ocurrirán en el futuro próximo con respecto al cambio climático que vivimos en la actualidad.

Referencias

Barron, E. (1983). "A warm, equable Cretaceous: The nature of the problem". En *Earth Science Review*. 19, 305-338.

Beaty, C. (1978). "Ice ages and continental drift". En *New Scientist*. 80, 776-777.

Berger, A. (1976). "Obliquity and precession for the last 5,000,000 years". En *Astronomy and Astrophysical*. 51, 127-135.

Bond, G. Nickeson, P. y Kominz, M. (1984). "Breakup of a supercontinent between 625Ma and 555Ma: New evidence and implications for continental histories". En *Earth Planet Science*. 70, 325-345.

Bond, G., Showers, W., Cheseby, M., Lotti, R., Almasi, P., deMenocal, P., Priore, P., Cullen, H., Hajdas, I. y Bonani, G. (1997). "A Pervasive Millennial-Scale Cycle in North Atlantic Holocene and Glacial Climates". En *Science*. 278 (5341), 1257-1266.

Bradley, R. (1985). Quaternary Palaeoclimatology: Methods of Palaeoclimatic Reconstruction. Londres: Unwin Hyman.

Bruckner, M. (2008). *Paleoclimatology: How can we infer climates of the past?* USA: Montana State University. En http://serc.carleton.edu/microbelife/topics/proxies/paleoclimate.html. Recuperado el 5 de abril de 2010.

Buchdahl, J. (1999). *Global climatic change: a review*. Manchester: Manchester Metropolitan University.

Caballero, M., Lozano, S. y Ortega, B. (2007). "Efecto invernadero, Calentamiento Global y Cambio Climático: Una perspectiva desde las Ciencias de la Tierra". En *Revista Digital Universitaria*. 8(10). En http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/int78.htm. Recuperado el 7 de octubre de 2009/

Caputo, M. y Crowell, J. (1985). "Migration of glacial centres across Gondwana during the Palaeozoic Era". En *Geological Society of America Bulletin*. 96, 1020-1036.

Crowell, J. (1999). "Pre-Mesozoic Ice Ages: Their Bearing on Understanding the Climate System". En *Geological Society of America Memoire*. 192, 1-112.

Crowley, T. y North, G. (1991). "Palaeoclimatology". En *Oxford Monographs on Geology and Geophysics*. 18. New York: Oxford University Press.

Frakes, L. (1979). *Climates throughout geologic time*. New York: Elsevier publication.

Goodess, C., Palutikof, J. y Davies, T. (1992).*The nature and causes of climate change*. Londres: Belhaven Press.

Haq, B., Hardenbol, J. y Vail, P. (1987). "Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic". En *Science*. 235, 1156-1167.

Hare, F. (1979). "Climatic variation and variability: empirical evidence from meteorological and other sources". En *Proceedings of the World Climate Conference*. World Meteorological Organization Publication. 537, 51-87.

Huggett, R. (1991). *Climate, Earth Processes and Earth History*. New York: Springer-Verlag.

Imbrie, J. e Imbrie, K. (1979). *Ice Ages: Solving the Mystery*. London: Macmillan Press Ltd.

Keigwin, L. (1980). "Palaeoceanographic change in the Pacific at the Eocene-Oligocene boundary". En *Nature*. 287, 722-725.

Kelly, P. y Sear, C., (1984). "Climatic impact of explosive volcanic eruptions". En *Nature*. 311, 740-743.

Milankovitch, M. (1941). *Canon of Insolation and the Ice Age Problem*. Belgrade: Königlich Serbische Academie. English translation by the Israel Program for Scientific Translations, United States Department of Commerce and the National Science Foundation, Washington D.C.

Manchester Metropolitan University. (2010). *The climate system*. En http://www.ace.mmu.ac.uk/Resources/gcc/1-3-1.html. Recuperado el 9 de noviembre de 2009.

Officer, C. y Drake, C. (1983). "The Cretaceous- Tertiary transition". En *Science*. 219, 1383-390.

Parrish, J., Ziegler, A. y Scotese, C. (1982). "Rainfall pattern and the distribution of coals and evaporites in the Mesozoic and Cenozoic". En *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 40, 67-101.

Ridgwell, A., Kennedy, M. y Caldeira, K. (2003). "Carbonate deposition, Climate stability and Neoproterozoic Ice Age". En *Science*. 302, 859-862.

Ruddiman, W. (2008). "Climate Change at geologic Time Sales: An Overview". En *Nuna Geoscience Conference*. Alberta, Canadá. 1-4.

Ruddiman, W. y Kutzbach, J. (1991). "Plateau uplift and climatic change". En *Scientific American*. 264 (3), 42-50.

Shackleton, N. (1988). "Oxygen isotopes, ice volumen and sea level". En *Quaternary Science Review*. 6, 183-190.

Soreghan, G. (2004). "Déjà vu All Over Again: Deep Time (Climate) Is Here to Stay". En *Palaios*. 19 (1), 1-2.

Steig, E. (1999). "Mid-Holocene Climate Change". En *Science*. 286 (5444), 1485-1487.

UNFCC (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. En http://unfccc.int/portal_espanol/essential_background/items/3336.php. Recuperado el 28 de marzo de 2010.

Williams, G. (1975). "Possible relation between periodic glaciation and the flexure of the Galaxy". En *Earth Planet Science*. 26, 361-369.